

高等院校信息与通信工程系列教材

通信电子电路实验指导

(第2版)

王艳芬 刘洪彦 冯 伟 编著

1-33

1

清华大学出版社

014004536

TN91-33

01

2

高等院校信息与通信工程系列教材

通信电子电路实验指导

(第2版)

王艳芬 刘洪彦 冯 伟 编著



清华大学出版社



北航

01691664

TN91-33
01-2

内 容 简 介

本书是关于通信电子电路课程的实验教材,共包括4章内容,即通信电子电路基础实验、通信电子电路综合实验、通信电子电路软件仿真与分析 and 常用仪器介绍。从9个基础实验入手,介绍了通信电子电路单元电路的实验原理和测试方法;在此基础上介绍了由单元电路组成的典型通信系统的综合性实验,这些实验与实际紧密结合,再现了高频工程环境;然后引入MATLAB和PSpice电路仿真,拓宽了实验分析的思路和方法。实验内容既有基础性、设计型的,又有综合型的;既有硬件电路,又有软件仿真,内容全面,实用性强。

本书可以作为高校通信、电子信息等专业通信电子电路或高频电路课程的实验指导书,也可以作为通信电子电路领域的工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

通信电子电路实验指导/王艳芬,刘洪彦,冯伟编著.--2版.--北京:清华大学出版社,2013

高等院校信息与通信工程系列教材

ISBN 978-7-302-33615-0

I. ①通… II. ①王…②刘…③冯… III. ①通信—电子电路—实验—高等学校—教材
IV. ①TN710-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第203881号

责任编辑:佟丽霞 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:7.25

字 数:164千字

版 次:2006年12月第1版 2013年9月第2版

印 次:2013年9月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:18.00元

产品编号:054830-01

第2版 前言

《通信电子电路实验指导》第1版于2006年12月出版。为了适应我国高等教育改革的形势和教学第一线的实际需求,由清华大学出版社出版、于洪珍教授主编的《通信电子电路》立体化教材包括主教材、教学参考书等都已经再版,《通信电子电路实验指导》作为该立体化教材的配套教材之一,也应进行再版。

此次再版,是根据新研制的通信电子电路实验箱对第1章和2.1节内容进行了重新编写和扩充。具体如下:

(1) 第1章中由原来的5个基础实验扩展为9个,不仅将原有实验包括调谐功率放大器、改进型电容三点式振荡器和调幅与检波等电路重新进行了设计,调整了频率,完善了功能,而且还扩充了6个实验,包括小信号调谐放大器、双调谐回路谐振放大器、石英晶体振荡器设计、变容二极管调频与相位鉴频器、晶体三极管混频器及中频放大器等。其中小信号调谐放大器和石英晶体振荡器为设计型实验。

(2) 2.1节的内容由超外差调幅式收音机实验,改为调幅发射与接收实验,并结合实际做综合实验的情况,将原来的1.4节锁相环调频发射机实验和1.5节锁相环鉴频接收机实验调整为2.2节锁相环调频发射与鉴频接收实验,相应电路也做了修改。

(3) 根据新研制的通信电子电路实验箱重新编写了附录。

(4) 解决了第1版在使用中发现的问题,改正了个别错误。

本书仍然立足大学本科生“通信电子电路”课程的配套实验教材,全书共有4章内容,即通信电子电路基础实验、通信电子电路综合实验、通信电子电路软件仿真与分析和常用仪器介绍。

本书由王艳芬、刘洪彦、冯伟编写。编写分工为:王艳芬编写了第3章和2.1节、2.2节,刘洪彦编写了第1章和4.1节以及附录,冯伟编写了2.3节和4.2节、4.3节。于洪珍教授审阅了全书,并提出许多宝贵的意见。

由于编者水平有限,书中肯定存在不少问题和错误,诚挚希望广大读者批评指正。

编者
2013年6月

第 1 章 通信电子电路基础实验

1.1 小信号调谐放大器设计

1. 实验目的

- (1) 掌握小信号调谐放大器的工作原理和设计方法。
- (2) 进一步理解小信号调谐放大器的放大能力和选择性。
- (3) 掌握测量调谐放大器幅频特性的方法。

2. 实验原理

小信号调谐放大器是通信接收机的前端电路,主要用于高频小信号或微弱信号的线性放大和选频。单调谐回路谐振放大器原理电路如图 1-1 所示。图中, R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_c 用以保证晶体管工作于放大区域,从而使放大器工作于甲类。 C_b 是 R_c 的旁路电容, C_b 、 C_c 是输入、输出耦合电容, L 、 C 是谐振回路, R_c 是集电极(交流)电阻,它决定了回路的 Q 值和带宽。为了减轻晶体管集电极电阻对回路 Q 值的影响,采用了部分回路接入方式。

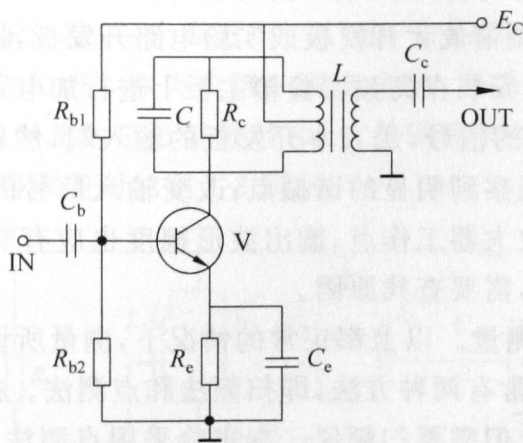


图 1-1 单调谐放大器原理电路

3. 实验仪器

- | | |
|-----------------|----|
| (1) 通信电子电路实验箱 | 一台 |
| (2) 小信号调谐放大器开发板 | 一块 |

- (3) 实验开发板

一块
- (4) 双踪示波器

一台

4. 实验参考电路

小信号单调谐放大器实验参考电路如图 1-2 所示。

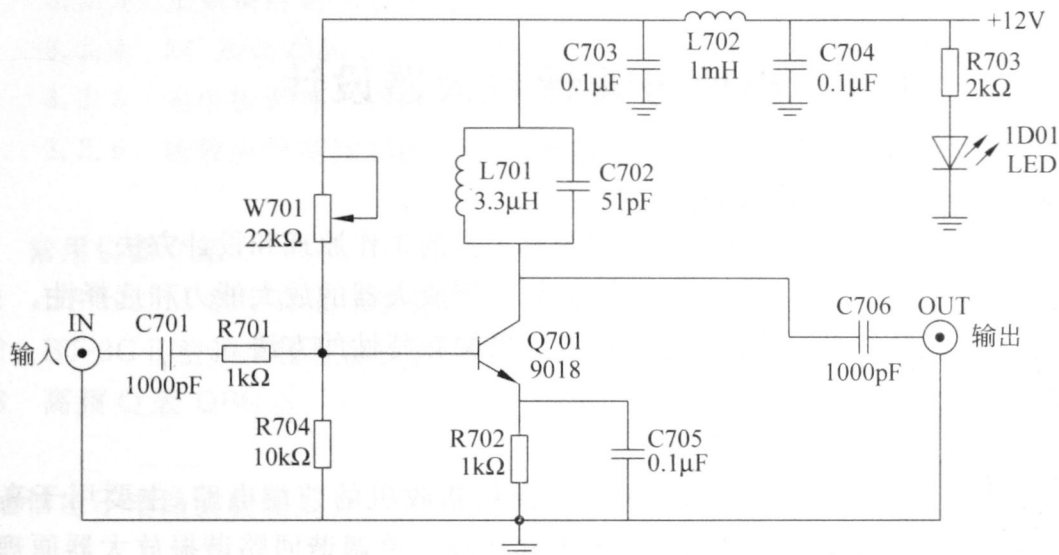


图 1-2 小信号单调谐放大器实验参考电路图

5. 实验内容及步骤

- (1) 由学生自己设计一个谐振频率为 6.3MHz 左右的调谐放大器。
- (2) 设计电路可参考图 1-2,也可另行设计。
- (3) 利用小信号调谐放大开发板或实验电路开发板,将所设计的电路插接好。
- (4) 电路连好后,安装在高频实验箱主板上进行加电调试。调试前,将高频信号源输出一个 6.3MHz 左右的信号,送入本开发板的输入端,然后用示波器测试各点波形;改变输入信号频率,应能观察到明显的谐振点;改变输入信号的幅度,输出波形幅度应发生变化;调整电位器改变放大器工作点,输出波形幅度也应有变化。如果没有波形输出,说明电路设计或连接有误,需要查找原因。
- (5) 幅频特性的测量。以上都正常的情况下,测量所设计电路的幅频特性曲线。
- 测量幅频特性通常有两种方法,即扫频法和点测法。扫频法简单直观,可直接观察到单调谐放大特性曲线,但需要扫频仪。本实验采用点测法,即保持输入信号幅度不变,改变输入信号的频率,测出与频率相对应的单调谐放大器的输出电压幅度,然后画出频率与幅度的关系曲线,该曲线即为单调谐放大器的幅频特性。其步骤如下:
- ① 观察输入、输出波形,计算谐振点时的放大倍数。

② 保持高频信号源输出幅度不变,改变高频信号源的频率,从示波器上读出与频率相对应的单调谐放大器输出的电压幅值,并把数据记录到自制的幅频特性数据表格中。

③ 以横轴为频率、纵轴为电压幅值,根据实验所得的数据,画出单调谐放大器的幅频特性曲线。

6. 实验预习要求

- (1) 认真阅读小信号调谐放大器的有关教材内容。
- (2) 试设计一个谐振频率为 6.3MHz 左右的小信号调谐放大器。
- (3) 熟悉实验参考电路及实验开发板,并画出所测数据的表格。
- (4) 熟悉所需仪器的使用方法。

7. 实验报告要求

- (1) 说明小信号调谐放大器的设计过程,分析其工作原理。
- (2) 对实验数据进行分析,并画出相应的幅频特性曲线。
- (3) 总结实验过程和实验体会。

1.2 双调谐回路谐振放大器实验

1. 实验目的

- (1) 进一步加深对双调谐回路谐振放大器基本理论的理解。
- (2) 熟悉耦合电容对双调谐回路放大器幅频特性的影响。
- (3) 了解放大器动态范围的概念和测量方法。

2. 实验原理

双调谐回路是指有两个调谐回路,一个靠近“信源”端(如晶体管输出端),称为初级;另一个靠近“负载”端(如下级输入端),称为次级。两者之间,可采用互感耦合或电容耦合。与单调谐回路相比,双调谐回路的矩形系数较小,它的谐振特性曲线更接近于矩形。电容耦合双调谐回路谐振放大器原理图如图 1-3 所示。

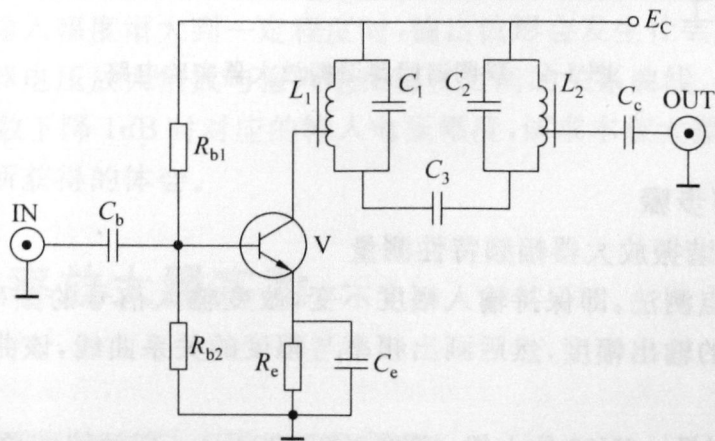


图 1-3 电容耦合双调谐回路放大器原理电路

由于该电路采用了分压偏置电路,故放大器工作在甲类。图 1-3 中有两个谐振回路, L_1 、 C_1 组成了初级回路, L_2 、 C_2 组成了次级回路,两者之间并无互感耦合(必要时,可分别对 L_1 、 L_2 加以屏蔽),而是由电容 C_3 进行耦合,故称为电容耦合。

3. 实验仪器

- (1) 通信电子电路实验箱 一台
- (2) 双调谐回路谐振放大器模块 一块
- (3) 双踪示波器 一台

4. 实验参考电路

双调谐回路谐振放大器实验参考电路如图 1-4 所示,其基本部分与图 1-3 相同。图中,2C04、2C11 用来对初、次级回路调谐;2K02 用以改变耦合电容数值,以改变耦合程度;2K01 用以改变集电极负载。2K03 用来改变放大器输入信号:当 2K03 往上拨时,放大器输入信号为来自天线上的信号;2K03 往下拨时,放大器的输入信号为直接送入。

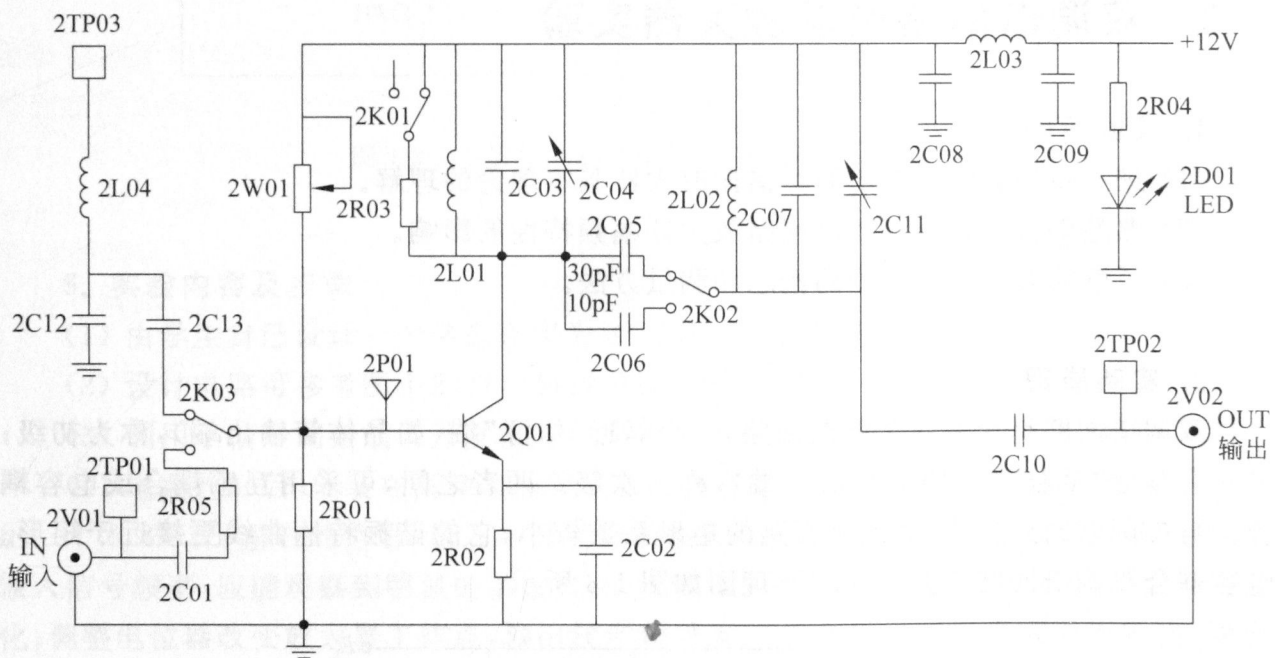


图 1-4 双调谐回路谐振放大器实验电路

5. 实验内容与步骤

1) 双调谐回路谐振放大器幅频特性测量

本实验仍采用点测法,即保持输入幅度不变,改变输入信号的频率,测出与频率相对应的双调谐放大器的输出幅度,然后画出频率与幅度的关系曲线,该曲线即为双调谐回路放大器的幅频特性。

(1) 幅频特性测量。2K02 往上拨,接通 2C05(30pF)。高频信号源输出频率 6.3MHz,幅度 200mV(注意高频信号源开关 K208 往下拨),然后用电缆接入双调谐放大器的输入端(IN)。2K03 往下拨,使高频信号送入放大器输入端。示波器 CH1 接 2TP01,示波器

CH2 接放大器的输出(2TP02)端。反复调整 2C04、2C11 使双调谐放大器输出为最大值,此时回路谐振于 6.3MHz。

(2) 保持高频信号源输出幅度峰-峰值为 200mV 不变,改变高频信号源的频率,从示波器上读出与频率相对应的双调谐放大器输出的幅度值,并把数据记录在自制的幅频特性数据表格中。

(3) 以横轴为频率、纵轴为幅度,根据实验所测数据,画出双调谐放大器的幅频特性曲线。

(4) 按照上述方法测出耦合电容为 2C06(10pF, 2K02 拨向下方)时的幅频特性曲线。

2) 放大器动态范围测量

(1) 2K02 拨向上方,接通 2C05。调整高频信号源频率为 6.3MHz,幅度 60mV,2K03 拨向下方,使高频信号源输出的信号送入放大器输入端,示波器 CH1 接 2TP01,示波器 CH2 接双调谐放大器的输出(2TP02)端。反复调整 2C04、2C11,使双调谐放大器输出为最大值,此时回路谐振于 6.3MHz。

(2) 改变高频信号源的输出幅度,使放大器输入幅度在 60~1200mV 之间,从示波器上读出放大器所对应输出幅度值,并把数据记录在自制的表格中,并且计算出放大器电压放大倍数。可以发现,当放大器的输入增大到一定数值时,放大倍数开始下降,输出波形开始畸变(失真)。

6. 实验预习要求

- (1) 认真阅读双调谐回路谐振放大器的有关内容。
- (2) 熟悉实验参考电路及实验步骤,画出所测数据的表格。
- (3) 熟悉所需仪器使用方法。

7. 实验报告要求

- (1) 画出耦合电容为 2C05 和 2C06 两种情况下的幅频特性曲线,计算 -3dB 带宽,并由此说明其优缺点。
- (2) 当放大器输入幅度增大到一定程度时,输出波形会发生什么变化? 为什么?
- (3) 画出放大器电压放大倍数与输入电压幅度之间的关系曲线。若把放大器的动态范围定义为放大倍数下降 1dB 时对应的输入电压幅度,试求本放大器的动态范围。
- (4) 总结实验所获得的体会。

1.3 调谐功率放大器实验

1. 实验目的

- (1) 进一步了解调谐功率放大器的工作原理。
- (2) 掌握激励电压、集电极电源电压及负载变化对放大器工作状态的影响。
- (3) 掌握调谐功率放大器的调谐特性。

2. 实验原理

调谐功率放大器是一种能量转换器件,它将电源供给的直流能量转换为高频交流输出。调谐功率放大器是通信系统中发送装置的重要组件,其作用是放大信号,使之达到足够功率输出,以满足天线发射和其他负载的要求。

调谐功率放大器的基本原理电路如图 1-5 所示。输入信号经变压器 T_1 耦合到晶体管基-射极,这个信号也叫激励信号。 E_c 是直流电源电压, E_b 是基极偏置电源电压。 L 、 C 组成并联谐振回路,作为集电极负载,这个回路也叫槽路。放大后的信号通过变压器 T_2 耦合到负载 R_L 上以达到阻抗匹配的要求。因为 E_b 是反向偏置,放大器工作在丙类,提高了效率。但集电极电流输出波形是周期性的尖顶余弦脉冲,对这种波形可利用傅里叶级数展开得到它的直流分量、基波分量及各次谐波分量。若 L 、 C 组成并联谐振回路调谐在基波频率,就只对基波项呈现为纯电阻,对直流和其他谐波阻抗很小,可以忽略。这样在并联谐振电路上得到的电压和经变压器 T_2 耦合到负载 R_L 的电压,就基本上是一个被放大的输入信号。

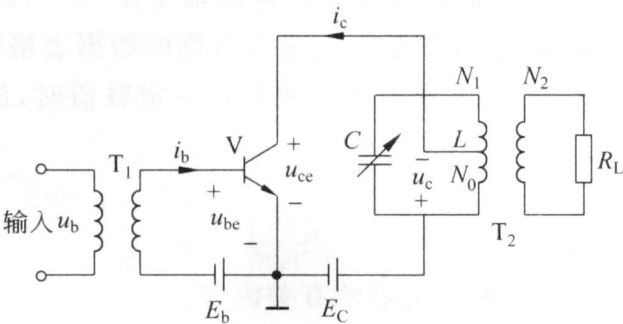


图 1-5 调谐功率放大器原理电路

3. 实验仪器

- | | |
|---------------------|----|
| (1) 通信电子电路实验箱 | 一台 |
| (2) 高频功率放大与射频发射实验模块 | 一块 |
| (3) 双踪示波器 | 一台 |
| (4) 万用表 | 一块 |

4. 实验参考电路

高频功率放大器实验电路如图 1-6 所示。本实验电路由两级放大器组成,11BG02 是前置放大级,工作在甲类线性状态,以适应较小的输入信号电平。11TP01、11TP02 为该级输入、输出测量点。由于该级负载是电阻,对输入信号没有滤波和调谐作用,因而既可作为调幅放大,也可作为调频放大。11BG01 为丙类高频功率放大电路,其基极偏置电压为零,通过发射极上的电压构成反偏。因此,只有在载波的正半周且幅度足够大时才能使功率管导通。其集电极负载为 L 。选频谐振回路,谐振在载波频率上以选出基波,因此可获得较大的功率输出。本实验的功放有两个选频回路,由 11K03 来选定。当 11K03 拨至

左侧时,所选的谐振回路谐振频率为 6.3MHz 左右,此时的功放可用于构成无线收发系统。当 11K03 拨至右侧时,谐振回路谐振频率为 1.9MHz 左右,此时可用于测量三种状态(欠压、临界、过压)下的电流脉冲波形,因频率较低时测量效果较好。11K04 用于控制负载电阻的接通与否,11W02 电位器用来改变负载电阻的大小。11W01 用来调整功放集电极电源电压的大小(谐振回路频率为 1.9MHz 左右时)。在功放构成系统时,11K02 控制功放是由天线发射输出还是直接通过电缆输出。当 11K02 往上拨时,功放输出通过天线发射,11TP09 为天线接入端。11K02 往下拨时,功放通过 11V03 输出。11V02 为音频信号输入端,加入音频信号时可对功放进行基极调幅。11TP03 为功放集电极测试点,11TP04 为发射极测试点,可在该点测量电流脉冲波形。11TP06 用于测量负载电阻大小。

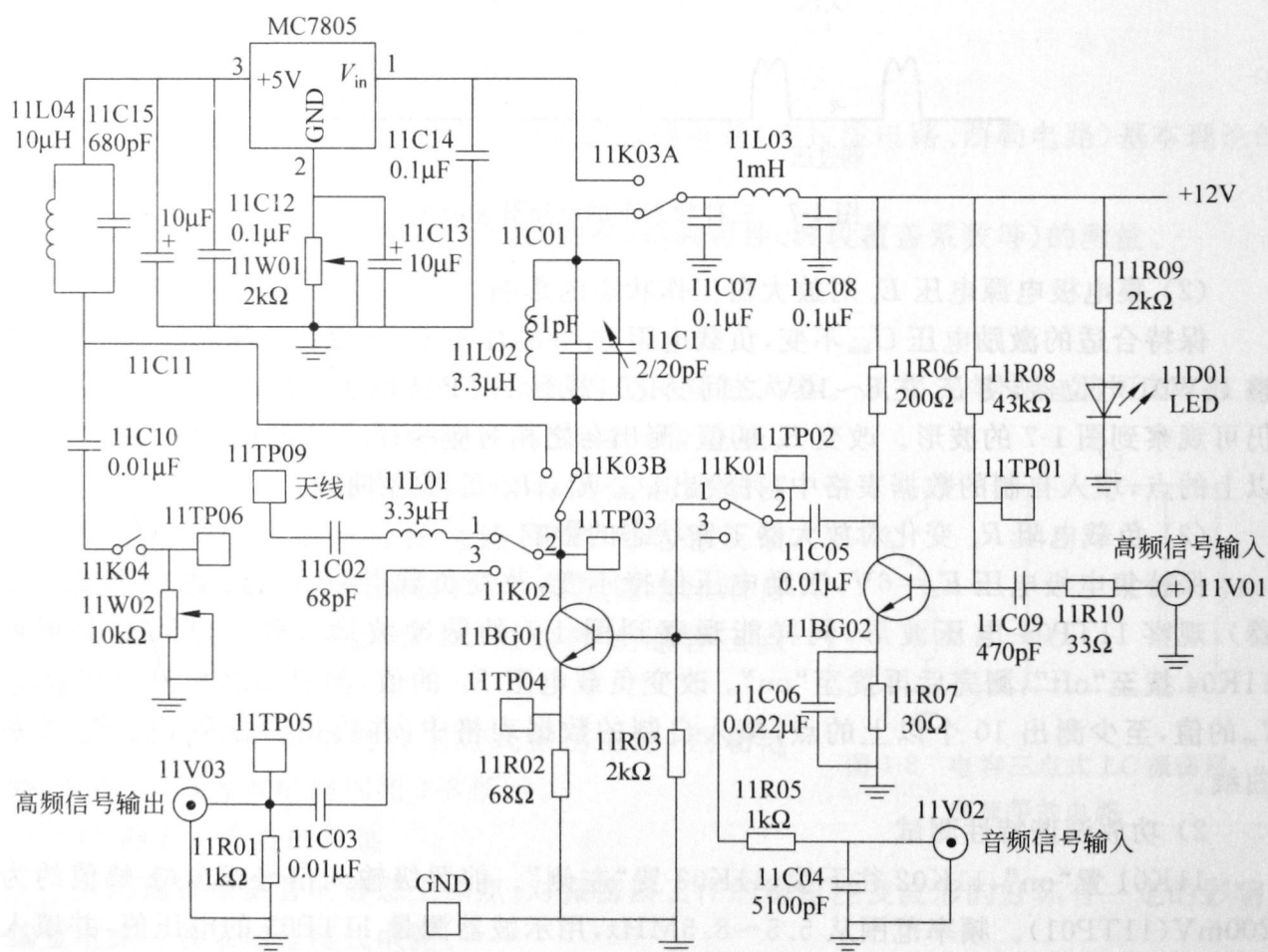


图 1-6 高频功率放大器实验电路图

5. 实验内容及步骤

1) 激励电压、电源电压及负载变化对丙类功放工作状态的影响

(1) 激励电压 U_{bm} 对放大器工作状态的影响

开关 11K01 置“on”, 11K03 置“右侧”, 11K02 往下拨。保持集电极电源电压 $E_c = 6V$ (用万用表测 11TP03 直流电压, 调 11W01 等于 6V), 负载电阻 $R_L = 8k\Omega$ (11K04 置“off”, 用万用表测 11TP06 电阻, 调 11W02 使其为 $8k\Omega$, 然后 11K04 置“on”) 不变。

高频信号源频率为 1.9MHz 左右,连接至功放模块输入端(11V01)。示波器 CH1 接 11TP03,CH2 接 11TP04。调整高频信号源频率,使功放谐振即输出幅度(11TP03)最大。改变信号源幅度,即改变激励信号电压 U_{bm} ,观察 11TP04 电压波形。信号源幅度变化时,应观察到欠压、临界、过压脉冲波形,其波形如图 1-7 所示(如果波形不对称,应微调高频信号源频率)。改变高频信号源信号的幅度 U_{bm} 值,测出与之相对应的 U_{cm} 、 I_{co} ($I_{co}=U_e/R_e$,用万用表直流电压挡测 U_e) 的值,至少测出 10 个以上的点,填入自制的数据表格中,并绘出 $U_{cm}-U_{bm}$, $I_{co}-U_{bm}$ 关系曲线。

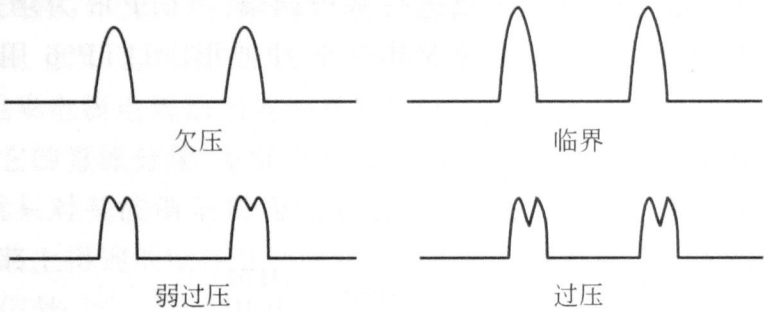


图 1-7 三种状态下的电流脉冲波形

(2) 集电极电源电压 E_c 对放大器工作状态的影响

保持合适的激励电压 U_{bm} 不变,负载电阻 $R_L=8k\Omega$ 不变,改变功放集电极电压 E_c (调整 11W01 电位器,使 E_c 在 5~10V 之间变化),观察 11TP04 电压波形。调整电压 E_c 时,仍可观察到图 1-7 的波形。改变 E_c 的值,测出与之相对应的 U_{cm} 、 I_{co} 的值,至少测出 10 个以上的点,填入自制的数据表格中,并绘出 $U_{cm}-E_c$, $I_{co}-E_c$ 关系曲线。

(3) 负载电阻 R_L 变化对放大器工作状态的影响

保持集电极电压 $E_c=6V$,激励电压保持不变,改变负载电阻 R_L (调整 11W02 电位器),观察 11TP04 电压波形,同样能观察到图 1-7 的脉冲波形。测试电阻时必须将 11K04 拨至“off”,测完后再拨至“on”。改变负载电阻 R_L 的值,测出与之相对应的 U_{cm} 、 I_{co} 的值,至少测出 10 个以上的点,填入自制的数据表格中,并绘出 $U_{cm}-R_L$, $I_{co}-R_L$ 关系曲线。

2) 功放调谐特性测试

11K01 置“on”,11K02 往下拨,11K03 置“左侧”。前置级输入信号幅度峰-峰值约为 200mV(11TP01)。频率范围从 5.5~8.5MHz,用示波器测量 11TP03 的电压值,并填入自制的数据表格中,然后画出频率与电压的关系曲线。

3) 功放调幅波的观察(选做)

调整高频信号源的频率约为 6.3MHz,使功放谐振,即使 11TP03 点输出幅度最大。然后从 11V02 输入音频调制信号,用示波器观察 11TP03 的波形,此时该点波形应为调幅波,改变音频信号的幅度,输出调幅波的调制度应发生变化,改变调制信号的频率,调幅波的包络亦随之变化。

6. 实验预习要求

(1) 认真阅读本实验教材及有关教材内容。

(2) 熟悉实验参考电路及实验步骤,并画出所测数据的表格。

(3) 熟悉所需仪器使用的方法。

7. 实验报告要求

(1) 认真整理记录数据,绘出 $U_{cm}/I_{co}-U_{bm}$, $U_{cm}/I_{co}-E_c$, $U_{cm}/I_{co}-R_L$ 三组曲线及功放调谐特性曲线。

(2) 总结记录调试过程中出现的问题,说明解决问题的方法。

(3) 给出对本实验的建议。

1.4 改进型电容三点式振荡器实验

1. 实验目的

(1) 进一步加深对改进型电容三点式振荡电路(克拉泼电路、西勒电路)基本理论的理解。

(2) 学会对高频振荡器基本参数(频率、幅频特性、波段覆盖系数等)的测量。

2. 实验原理

LC 振荡器实质上是满足振荡条件的正反馈放大器。从交流等效电路可知,由 LC 振荡回路引出三个端子分别接振荡管的三个电极,而构成反馈式自激振荡器,因而又称为三点式振荡器。如果反馈电压取自分压电感,则称为电感反馈 LC 振荡器或电感三点式振荡器;如果反馈电压取自分压电容,则称为电容反馈 LC 振荡器或电容三点式振荡器。

以实验采用改进型电容三点式振荡电路(西勒电路)为例,交流等效电路如图 1-8 所示。

1) 静态工作点的调整

合理选择振荡管的静态工作点,对振荡器工作的稳定性及波形的好坏有一定的影响,偏置电路一般采用分压式电路。

当振荡器稳定工作时,振荡管工作在非线性状态,通常是依靠晶体管本身的非线性实现稳幅。若选择晶体管进入饱和区来实现稳幅,则将使振荡回路的等效 Q 值降低,输出波形变差,频率稳定度降低。因此,一般在小功率振荡器中总是使静态工作点远离饱和区,靠近截止区。

2) 振荡频率 f 的计算

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C+C_T)}} \quad (1-1)$$

式中, C_T 为 C_1 、 C_2 和 C_3 的串联值,因 $C_1(300\text{pF}) \gg C_3(75\text{pF})$, $C_2(1000\text{pF}) \gg C_3(75\text{pF})$, 故 $C_T \approx C_3$, 所以,振荡频率主要由 L 、 C 和 C_3 决定。

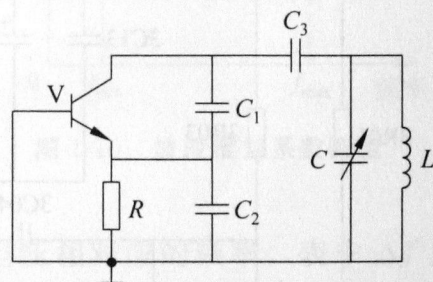


图 1-8 电容三点式 LC 振荡器
交流等效电路

3) 反馈系数 F 的选择

$$F = \frac{C_1}{C_2}$$

(1-2)

反馈系数 F 不宜过大或过小,一般经验数据 $F \approx 0.1 \sim 0.5$,本实验取 $F = \frac{300}{1000} = 0.3$ 。

3. 实验仪器

- (1) 通信电子电路实验箱

一台
- (2) LC 振荡与射随放大电路模块

一块
- (3) 双踪示波器

一台

4. 实验参考电路

电容三点式 LC 振荡器实验参考电路如图 1-9 所示。图中 3K05 打到“S”位置(左侧)时为改进型克拉泼振荡电路,打到“P”位置(右侧)时,为改进型西勒振荡电路。3K01、3K02、3K03、3K04 控制回路电容的变化,调整 3W01 可改变振荡器三极管的电源电压,3Q02 为射极跟随器,3TP01 为振荡器直流电压测量点,3W02 用来改变输出幅度。

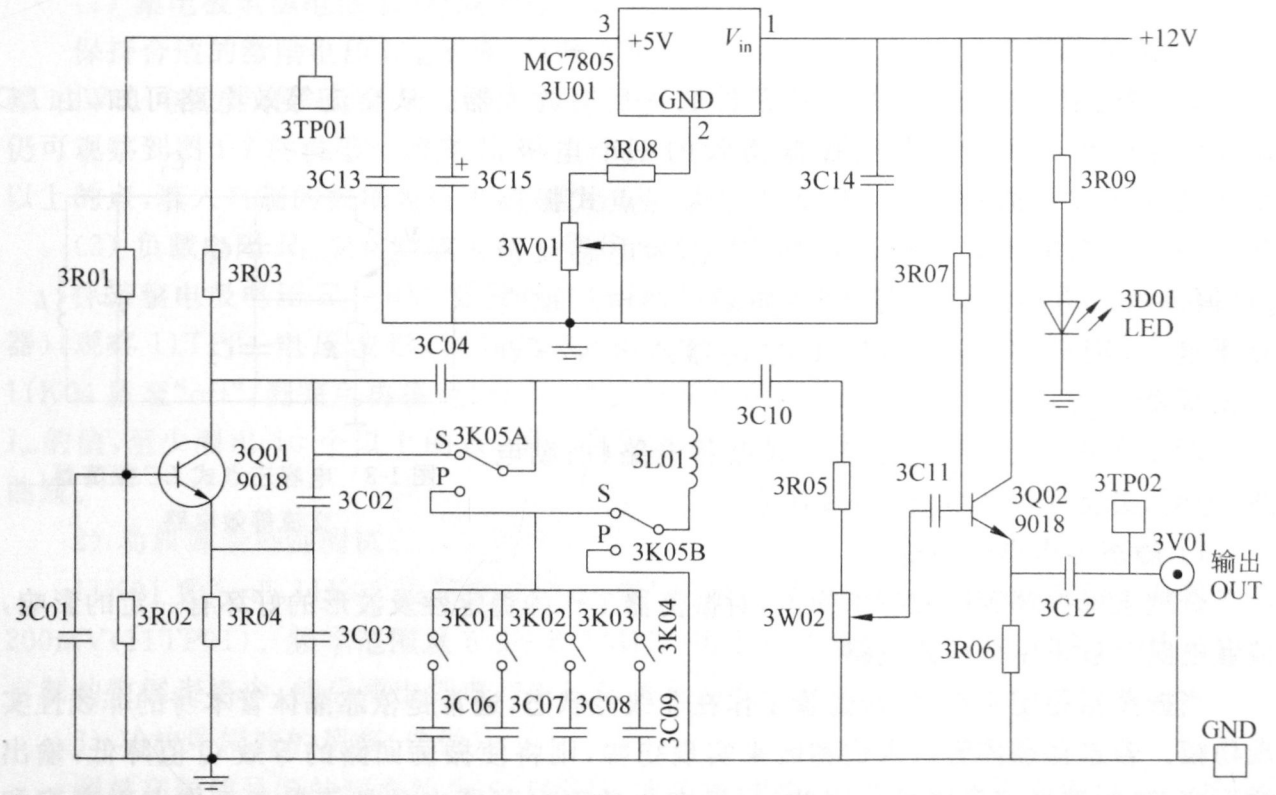


图 1-9 LC 振荡器实验电路

5. 实验内容与步骤

1) 振荡电路幅频特性的测量

调整 3W01,使得芯片 7805 输出的(3TP01)电源电压为 7.5V。调整电位器 3W02,使输出最大。开关 3K05 拨至右侧,此时振荡电路为西勒电路,反之为克拉泼电路。

3K01、3K02、3K03、3K04 分别控制 3C06 (10pF)、3C07 (50pF)、3C08 (100pF)、3C09 (150pF)是否接入电路,开关往上拨为接通,往下拨为断开。四个开关接通的不同组合,可以控制电容的变化,例如 3K01、3K02 往上拨,其接入电路的电容为 $10+50=60(\text{pF})$ 。按照表 1-1 中电容的变化测出与电容相对应的振荡频率和输出电压(峰-峰值 $V_{\text{P-P}}$),并将两种振荡电路测量的结果分别记录于表 1-1 中。

表 1-1 振荡电容对电路幅频特性的影响

电容 C/pF	310	250	200	160	150	100	60	50
振荡频率 f/MHz								
输出电压 $V_{\text{P-P}}/\text{V}$								

2) 波段覆盖系数的测量

波段覆盖系数即振荡器的频率范围,此范围的大小通常以波段覆盖系数 K 表示:

$$K = \frac{f_{\text{max}}}{f_{\text{min}}}$$

(1-3)

测量方法: 根据测量的幅频特性,以输出电压最大点的频率为基准,即为一边界频率,再找出输出电压下降至 1/2 处的频率,即为另一边频率,如图 1-10 所示,再由式(1-3)求出 K 值。

3) 测量电源电压变化对振荡器频率的影响

分别将开关 3K05 打至左测(S)和右侧(P)位置,改变电源电压 E_c ,测出不同 E_c 下的振荡频率,并将测量结果填入表 1-2 中。

其方法是: 选定回路电容为 100pF,即 3K03 往上拨。用万用表直流电压挡测 3TP01 点电压,按照表 1-2给出的电压值 E_c 调整 3W01 电位器,分别测出与电压相对应的频率。表中 Δf 为改变 E_c 时振荡频率的偏移,假定 $E_c=7.5\text{V}$ 时, $\Delta f=0$,则 $\Delta f=f-f_{7.5\text{V}}$ 。

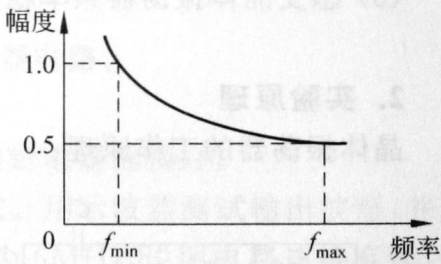


图 1-10 波段覆盖系数测量

表 1-2 E_c 变化对频率稳定度的影响

串联(S)	E_c/V	5.5	6.5	7	7.5	8	9	10
	f/MHz							
	$\Delta f/\text{MHz}$							
并联(P)	E_c/V	5.5	6.5	7	7.5	8	9	10
	f/MHz							
	$\Delta f/\text{MHz}$							

6. 实验预习要求

- (1) 认真阅读本实验教材及有关教材内容。
- (2) 熟悉实验参考电路及实验步骤。

(3) 熟悉所需仪器的使用方法。

合设同不前番数共其十四、开速比并十、开速比并十

7. 实验报告要求

(1) 根据测试数据,分别绘制西勒振荡器和克拉泼振荡器的幅频特性曲线,并进行分析比较。

(2) 根据测试数据,计算频率稳定度,分别绘制克拉泼、西勒振荡器的 $\frac{\Delta f}{f_0}-E_C$ 曲线。

(3) 对实验中出现的問題进行分析判断。

(4) 总结实验体会。

1.5 石英晶体振荡器设计

1. 实验目的

(1) 掌握石英晶体振荡器、串联型晶体振荡器的基本工作原理。

(2) 熟悉静态工作点、微调电容、负载电阻对晶体振荡器工作的影响。

(3) 感受晶体振荡器频率稳定度高的特点,了解晶体振荡器工作频率微调的方法。

2. 实验原理

晶体振荡器的工作原理:一种晶体振荡器的交流通路如图 1-11 所示。图中,若将晶

体短路,则 L_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 就构成了典型的电容三点式振荡器(考毕兹电路),因此,图 1-11 所示电路是一种典型的串联型晶体振荡器电路(共基接法)。若取 $L_1=4.3\mu\text{H}$, $C_2=820\text{pF}$, $C_3=180\text{pF}$, $C_4=20\text{pF}$,则可算得 LC 并联谐振回路的谐振频率 $f_0\approx 6\text{MHz}$,与晶体工作频率相同。图中, C_4 是微调电容,用来微调振荡频率; C_1 是耦合(隔直流)电容; R_1 是负载电阻。很显然, R_1 越小,负载越重,输出振荡幅度将越小。

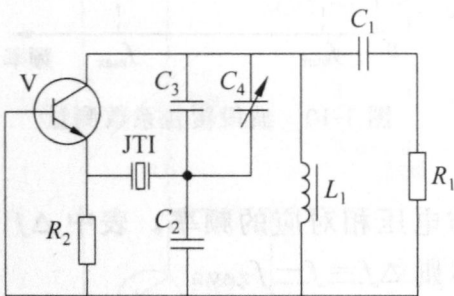


图 1-11 晶体振荡器交流通路

3. 实验仪器

(1) 通信电子电路实验箱	一台
(2) 晶体振荡器开发板模块	一块
(3) 实验开发板	一块
(4) 双踪示波器	一台

4. 实验参考电路

晶体振荡器实验参考电路如图 1-12 所示。图中 R801、C801 为去耦元件, C805 为旁路电容, 并构成共基接法, W801 用以调整振荡器的静态工作点(主要影响起振条件), C802 为输出耦合电容, Q802 为射随器, 用以提高带负载能力。

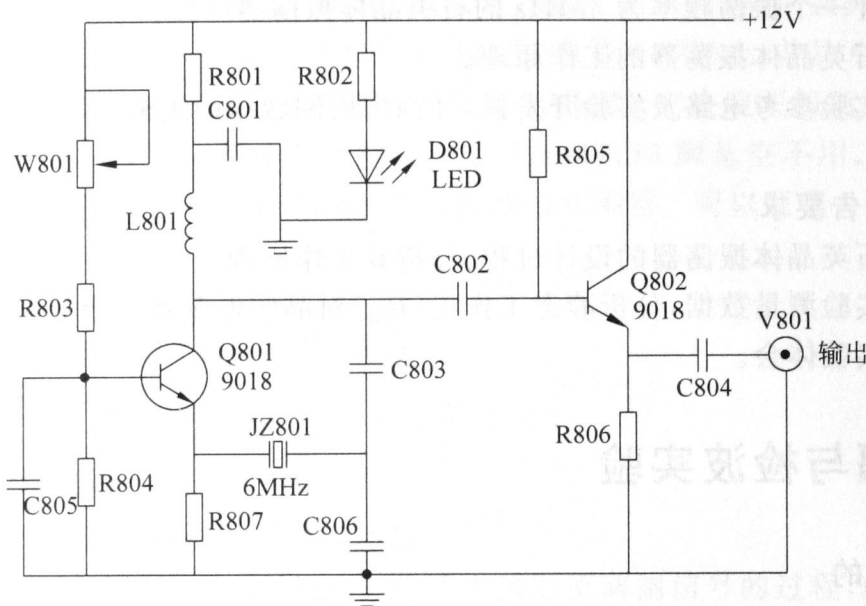


图 1-12 晶体振荡器实验参考电路

5. 实验内容及步骤

- (1) 由学生自己设计一个频率为 6MHz 的晶体振荡器电路。
- (2) 设计电路可参考图 1-12,也可另行设计。
- (3) 利用晶体振荡器开发板和电路开发板,将所设计的电路插接好。
- (4) 电路连好后,安装在实验箱主板上进行加电调试。用示波器测试输出波形,并用频率计测试其振荡频率。如果没有波形输出,或频率不为 6MHz,说明电路连接有误,需要查找原因。
- (5) 静态工作点测量,其方法如下:
 - 改变电位器 W801 可改变 Q801 的基极电压 V_B ,并改变其发射极电压 V_E 。记下 V_E 的最大、最小值,并计算相应的 $I_{E\max}$ 、 $I_{E\min}$ 值(发射极电阻 $R807=1k\Omega$)。
- (6) 测试静态工作点变化对振荡器工作的影响,其方法如下:
 - ① 实验初始条件: $V_{EQ}=2.5V$ (调 W801 达到)。
 - ② 调节电位器 W801 以改变晶体管的静态工作点 I_E ,使其分别为表 1-3 所示各值,且把示波器探头接到 V801 端,观察振荡波形,测量相应的振荡电压峰-峰值 V_{P-P} ,并以频率计读取相应的频率值,填入表 1-3 中。

表 1-3 静态工作点变化对振荡器的影响

V_{EQ}/V	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
f/MHz						
V_{P-P}/V						

6. 实验预习要求

- (1) 认真阅读石英晶体振荡器的有关教材内容。